



## 普惠公司持续推进发动机MRO自动化

普惠公司最新披露的亚洲售后服务业务显示了该公司在维护、修理和大修（MRO）领域技术变革前沿的地位。

普惠公司位于新加坡的叶片修复专业公司——涡轮检修服务（TOS）公司开发了一个全自动的超声波测量系统，主要用于机器人检查翼型壁厚。TOS 还通过光纤增强了其激光熔覆系统（通过增材制造的一种变体来修复钛涡轮叶片）。这些可以适应维修叶片的变化，使其变得可预测且在无焊接的情况下保持尺寸一致。它还集成了基于人工智能的检查技术，减少了视觉检查的周转时间。

与此同时，该公司位于新加坡的部件厂正在为 PW4000 发动机部件寻求其他附加解决方案，以及使用 12 臂机器人代替手动夹具的自动化夹具系统。该设施为燃烧室、燃油喷嘴喷射器和导轨、管道等提供发动机部件修理。

同样位于新加坡的普惠公司部件解决方案公司是从事压缩机定子和密封件、可变叶片和护盖的部件维修专业公司，该公司正在采用一种完全自动化的机器人装夹过程，使用一个协作机器人（COBOT）即可在没有人工监督的情况下进行全时段操作。（王萍）

## GE航空公司Catalyst涡桨发动机推迟到2020年夏季试飞

GE 航空公司表示，将于今年夏季进行 Catalyst 涡桨发动机试飞以期在 2021 年春季进行认证，试飞将利用配备两台普惠 PT6A 发动机的比奇飞机进行，届时将其中一台 PT6A 替换为 Catalyst 涡桨发动机。

德事隆航空公司原计划 2019 年 10 月进行赛斯纳 Denali 飞机加装 Catalyst 涡桨发动机工作，由于 Catalyst 涡桨发动机不到位，德事隆航空公司不得不推迟原定 2019 年年底开始的为期 18 个月的认证计划。GE 航空公司将推迟试飞的原因归结为美国联邦航空管理局（FAA）颁布的涡桨发动机飞机必须进行结冰测试这一新要求。但 Catalyst 涡桨发动机销售总监近日表示，Catalyst

已在 2019 年 10 月进行过首次认证测试。

据悉，Catalyst 涡桨发动机适用于军用、民用无人机、训练机和轻型运输机，是全欧洲化的产品，不受国际军火交易法（ITAR）的限制，具有“重要的竞争优势”。Catalyst 涡桨发动机内置 FADEC 微处理器、燃油采用单点喷射，降低了 1/5 油耗的同时还能提高飞机的飞行性能。目前，内置 FADEC 微处理器的 Catalyst 涡桨发动机只能为无人机提供动力。此外，面向军用客户的 Catalyst 涡桨发动机，配有德国 MT-Propeller 公司生产的木材金属复合材料螺旋桨。（曹耀国）

## 罗罗制造全球最大涡扇发动机复材风扇叶片

陈济彬

日前，英国罗罗公司宣布已开始制造世界上最大的风扇叶片，应用于“超扇”（UltraFan）发动机演示验证机，这将为发动机的工作效率和可持续性应用树立新的标准。这一里程碑标志着演示验证机正式开始零部件生产。

**主要特点：大尺寸、轻量化、碳-钛叶片设计、高效率**

“超扇”发动机将在效率和可持续性方面树立新标准，与第一代的“遑达”（Trent）发动机相比，“超扇”可将燃油燃烧和排放降低 25%。这种效率提升的一部分原因来自“超扇”发动机的复合材料叶片和机匣，复合材料的应用使得双发飞机的重量至少减重 700 千克。

作为重要组件，复合材料叶片的直径达到了 140 英寸（3.56 米），几



罗罗公司生产的碳纤维复合材料-钛合金（CTi）风扇叶片。

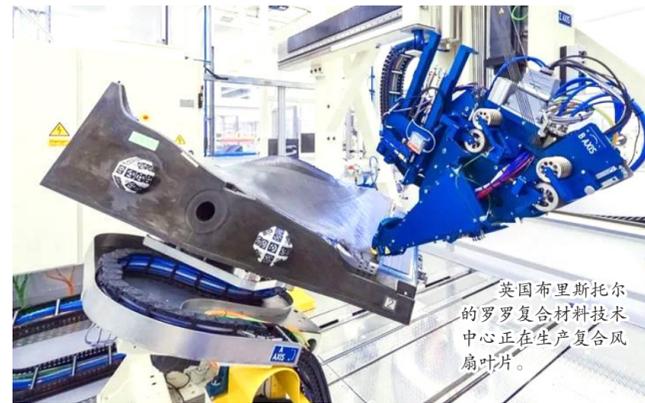
乎与当前窄体客机机身的直径相同，由在位于英国布里斯托尔的罗罗公司技术中心制造。

风扇叶片由 500 层美国赫氏（Hexcel）公司 HexPly M91 碳纤维增强、高韧性和耐冲击的环氧树脂预浸料制成。赫氏还提供了用于自动铺设的纵切带。叶片经过了热压罐高温高压固化和精密加工处理，随后进行表面涂层处理，并在叶片前缘部位包覆钛合金保护薄套，以防止腐蚀、异物和鸟撞。最后，制成的复合材料-钛合金（CTi）叶片将会依照计量学方法和超声监测等方法进行检查和测试。

**罗罗新建布里斯托尔复合材料工厂负责“超扇”制造**

布里斯托尔复合材料工厂的历史可以追溯到曾经的复合材料技术和应用有限公司（CTAL），这是罗罗公司与 GKN 航宇公司于 2008 年共同成立的合资企业。CTAL 将罗罗公司在先进发动机技术方面的专业知识与 GKN 在航空航天方面积攒下的先进技术相结合，主要致力于研究复合材料和自动化制造。英国政府也于 2008 年开始支持罗罗公司复合材料技术的研发，并于 2012 年用于在怀特岛建立 CTAL 工厂。2015 年，罗罗公司宣布将拆部分 CTAL 能力，包括研发设备和 30 至 40 名员工，于 2017 年将它们转移至布里斯托尔地区。

罗罗公司在 2015 年曾发布公告表示，复合材料的前期产品的准备将在现有工厂内完成研发，与此同时新的碳纤维复合材料开发新的复合材料设施，以及新的碳纤维复合材料电子束编织设备将在新工厂完成——即



英国布里斯托尔的罗罗复合材料技术中心正在生产复合风扇叶片。

布里斯托尔工厂。两家工厂均受益于与布里斯托尔国家复合材料中心（NCC）合作开发的制造技术，以及布里斯托尔大学罗罗大学技术中心的科研成果。

**十年磨一剑，2030 年前服役**

复合材料叶片已经在利用“先进低压系统”（ALPS）开发的发动机中进行了广泛的测试，其中包括在罗罗公司试验台上进行的模拟飞行测试。ALPS 是罗罗公司、“洁净天空”计划、创新英国、英国商务、能源与工业战略部、ATI 公司、ITP 航宇公司和 GKN 航宇公司之间的缔结合作伙伴关系后共同开发的。ATI 公司、创新英国、LuFo 公司和“洁净天空 2”计划正在为全力支持“超扇”发动机的研发工作。

“超扇”发动机是罗罗公司可持续发展战略的关键要素，这项战略包括不断进行研究以改善燃气轮机的性

能，开拓电气化并与工业合作伙伴合作加速推进可持续航空燃料的使用。这也是罗罗公司“智能发动机”愿景的一部分，该愿景致力于将产品、服务和数字技术融合在一起。

“超扇”发动机将于 2021 年正式开始进行地面测试，并将在新的 10 年结束前正式投入应用，它采用了一种可扩展性的设计，推力范围可从 25000 磅（11.34 吨）最大扩展至 100000 磅（45.36 吨）。此外它还具有：全新的发动机核心架构，提供最高的燃油效率和低排放；先进的陶瓷基复合材料，耐热组件可在较高的涡轮温度下更有效地运行；齿轮的传动设计可最大限度地实现高推力、高涵道比发动机的效率。

罗罗公司民航业务总裁克里斯·霍勒顿表示，目前罗罗公司已经完成了所有构件、设计、技术、全新测试台等全套配件与设施的制造和搭建。

## 俄首架海军版别-200两栖飞机首飞

俄罗斯海军的规格制造的首架别-200 双发两栖飞机已经进入试验阶段，于 2 月 14 日从俄罗斯联合飞机公司（UAC）旗下的塔甘罗格-别列夫航空综合机场首飞，这架飞机是别-200ChS 工厂标准版的衍生产品，旨在用于搜寻和救援任务，且具有很强的消防灭火能力。

根据 UAC 公司最近的一份新闻声明，在完成工厂和客户验收试验后，该飞机将移交给俄罗斯海军。俄罗斯国防部于 2013 年签署了购买 6 架飞机的合同。该架飞机可能作为技术演示机，以赢得国外内别-200 军用版本飞机的订单。

军用版的别-200 飞机的主要问

题在于发动机，其依赖于伊夫琴科-进步设计局开发，马达西奇公司制造的 D-436 涡扇发动机，两家均在乌克兰境内。而克里米亚事件后，乌克兰已经禁止了向俄罗斯出口军品，这

使得 D-436 涡扇发动机无法出售给俄罗斯国防部及其相关公司。不过值得一提的是，民用出口并不受限制，马达西奇公司仍然能够向俄罗斯非军事组织提供服务，包括新的发动机及



其具备。

UAC 公司也考虑过改为使用 SaM146 大涵道涡扇发动机，该发动机由俄法合资的 PowerJet 公司设计和制造，但是俄罗斯政府认为不合适，要求找一个全部由俄罗斯设计制造的解决方案，包括考虑通过对 PD-14 发动机进行缩小，而开发一台 PD-8 发动机，但是这个过程可能需要几年时间。

目前，该版本飞机已经获得了欧洲航空安全局（EASA）的适航证书，能够利用飞机的两栖能力一次装水 12 吨。（何屹）

## 俄罗斯民机PD-14发动机项目进展与分析

张慧

2020 年 1 月，俄罗斯联合发动机制造集团制造的第一批 PD-14 发动机交付到伊尔库特航空工厂。它们将首次安装在俄罗斯新型客机 MS-21 上，预计今年配装 PD-14 发动机的飞机将飞向天空。

配装 PD-14 发动机的 MS-21 进行测试对于俄罗斯国内航空行业而言具有里程碑意义。PD-14 被认为是近几十年来俄罗斯民用航空领域最具突破性的项目之一。

**俄罗斯按先进适航标准研制的  
第一型民用涡扇发动机**

PD-14 是俄罗斯研制的第一型涡扇发动机，上一个类似的项目还要追溯到 20 世纪 80 年代末在苏联生产的第四代航空发动机 PS-90A。21 世纪初，俄罗斯有意研制新一代航空发动机，行业也迫切需要一个能够刺激其发展并帮助消除与领先国家

技术差距的项目。

当然，这样的全球项目不能由一个设计局或工厂实施。最初，几乎俄罗斯国内所有的发动机制造企业和专门研究机构都参与其中。直到 2006 年，签署了关于开发一种发动机的协议，该发动机被称为 PD-14（推力为 14 吨的未来发动机）。由彼尔姆航空发动机公司设计，彼尔姆发动机制造。

PD-14 的首次地面测试于 2012 年进行，2015 年进行了首次飞行测试。2018 年，俄罗斯联邦航空运输局向发动机颁发了型号合格证，目前正在申请 EASA 型号合格证。

**PD-14 为 MS-21 配套**

俄罗斯首架配装 PD-14 飞机是 21 世纪初启动研制的 MS-21 干线客机。MS-21 属于最常见的客机——中短程窄体客机。像新发动机一样，MS-21 是该领域俄罗斯完全自主研制生产第一型飞机。

MS-21 是新一代飞机，结合了先进的空气动力学技术、现代化的动力装置和先进的控制系统以及新的旅客舒适度等解决方案，研制 MS-21 是为了取代过时的图-154 客机。

飞机的研制与发动机的开发同时进行。最近，第一批 PD-14 被转移到伊尔库特航空工厂，用于安装在 MS-21-300 上。目前，已经组装了 4 架原型机（配装 PW1400G 发动机）。正在组装中的第 5 架飞机将与 PD-14 一起飞行。作为 MS-21-300 动力装置，PD-14 发动机的飞行测试将在 2020 年通过。

MS-21 飞机与伊尔-114、SSJ100 和 CRJ929 等国内和联合生产的飞机一起，将确保俄罗斯在民机市场的全球竞争能力。据专家称，MS-21 在其细分市场中可占据全球市场的 5% 至 10%。

**俄罗斯同步推进 PD-14 批产能力和售后服务建设**

在世界上，只有四个国家能够完整地制造现代大型民用涡扇发动机：俄罗斯、美国、英国和法国。每个国家都严格保护研究成果及其在发动机制造方面的专业知识。例如，法国仅在其本土为 SaM146 发动机生产热端零部件。

一个国家发动机制造水平的指标之一是能够自主生产高性能航空发动机涡轮叶片。俄罗斯 2019 年 12 月，在联合发动机制造集团旗下位于雷宾斯克的土星公司基础上，建成了俄罗斯最大的年产 2000 套涡轮叶片制造中心。

PD-14 项目除研制发动机外，还包含一个重要部分，即提供售后服务，计划在此领域进行大量工作：创建一个支持中心，每年 365 天全天候工作，开放现场任务网络，发动机维修站网络，保障更换运行中的模块。预计所有这些都将增加俄罗斯新型发动机的国外应用前景。

**国产新材料、新工艺、  
先进气动设计技术等大量应用**

PD-14 是在经过时间验证的现代化工艺设计解决方案的基础上研制的。同时，要求采用国产材料。设计师开发并实施了 16 种关键技术，例如，由最轻的金属间化合物制成的涡轮机叶片或先进的冷却系统，该系统可使涡轮机在高达 2000K 的温度下运行。

在制造发动机时，会使用新的俄罗斯钛和镍合金。65% 的短舱设计由国产聚合物复合材料组成，达到了所需的隔音水平，并减轻了发动机重量。总共约有 20 种俄罗斯新材料被用于该发动机，而所有这些材料均已按照国际标准通过了认证。

采用新技术可以减少燃油消耗，使 PD-14 更加环保经济。预计 PD-14 的运行成本将比现有的类似发动机低 14% ~ 17%，而生命周期成本则降低 15% ~ 20%。

**系列化发展思路，  
衍生产品应用前景广阔**

摆在俄罗斯的设计人员面前的还有一个任务：即研制通用燃气发生器（核心机）的任务，在此基础上，可以发展出各种用于空中和地面的动力装置。

为 MS-21-300 客机研制的 PD-14 是系列中第一型发动机。此外，还将发展用于 MS-21-200 飞机的 PD-14A 改型，用于 MS-21-400 飞机的 PD-14M 改型。PD-8 发动机可以安装在安-148、SSJ 100、SSJ 75、图-334 和别-200 飞机上。对于伊尔-96 和图 204，可以安装推力为 18-20 吨的 PD-18。

PD 发动机系列的应用范围不限于飞机，在通用的核心机基础上还可以发展工业用的作为发电机和抽气装置的动力系统。

## 罗罗公司“珍珠”700发动机首飞



罗罗公司两台“珍珠”700 发动机近日完成首飞，并第一次为一架全新的“湾流”G700 公务机提供动力。这架“湾流”G700 于当地时间下午 1 时 19 分从湾流公司总部起飞，并于 2 小时 32 分钟后降落。此次首飞使用 30/70 混合可持续航空燃料，而飞机及发动机将在认证之前接受密集的飞行测试。

罗罗公司是当今公务机市场领先的发动机供应商，已为 3200 多架公务机提供动力。“珍珠”700 是罗罗公司为“湾流”G700 公务机独家设计的，也是目前罗罗公司商务发动机中推力最大的一型。该发动机采用了商务航空领域中效率最高的 Advance2 发动机核心机和全新的低压系统，与 BR725 发动机相比，起飞推力增加了 8%，达到了 18250 磅（8278 千克），推重比提高了 12%，效率提高了 5%，同时保持了其领先的低噪音和排放性能。该发动机不仅效率高，而且能够提供 Ma0.925 的飞行速度。

该发动机结合了 Advance2 技术演示项目中获得的创新技术以及罗罗公司 BR700 的成熟技术。该发动机的风扇尺寸为 51.8 英寸（132 厘米），高压压气机具有 24:1 的压缩比，还有六个整体叶盘、超低排放燃烧室、两级无罩高压涡轮和增强型四级低压涡轮。

“珍珠”发动机系列是罗罗公司智能发动机未来愿景的一部分。发动机还采用了先进振动检测的新一代发动机健康监测系统及先进的远程发动机诊断系统，同时支持双向通信，允许从地面轻松远程重新配置发动机监控功能。（辛文）

